

## АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ

*В.А. Харитонов, А.Н. Данилов, А.Ю. Букалова*

В статье обсуждается комплекс алгоритмов агрегирования оценочных данных и декомпозиции результатов комплексного оценивания для автоматизированного управления профессиональной подготовкой бакалавров с использованием компетентностного и негэнтропийного подходов. При реализации компетентностного подхода процесс профессиональной подготовки разбивается на три этапа: формирование дисциплинарных компетенций на уровне знаний, этапы базовой профессиональной подготовки, ответственной за формирование умений, и профильной профессиональной подготовки на уровне формирования владений способности решать стандартные производственные задачи. На каждом из предложенных этапов предполагается измерение уровня соответствующей компоненты компетенций, сравнение с желаемым значением и обоснование коррекций. Для измерения у обучаемого уровня сформированности компетенций предполагается использовать негэнтропийный подход, который рассматривает приращение количества информации в результате образовательного процесса.

*Ключевые слова:* бакалавриат; уровень профессиональной подготовки; управление; автоматизация; компетентностный подход; негэнтропийный подход; агрегирование; декомпозиция.

### Введение

Уровень профессиональной подготовки студентов в техническом университете является важной характеристикой качества образовательного процесса для абитуриентов, работодателей и преподавателей выпускающей кафедры. Каждая из перечисленных социальных групп предпочитает иметь дело со сбалансированным уровнем профессиональной подготовки выпускников ВУЗа.

Абитуриенты заинтересованы в достаточно высоком уровне подготовки, обеспечивающем им последующее трудоустройство при определенных гарантиях успешного окончания ВУЗа. Работодатели испытывают потребность в успешном заполнении вакансий специалистами с высоким уровнем подготовки при умеренных затратах на оплату труда.

Выпускающая кафедра заинтересована в выполнении плана набора без чрезмерных масштабов инвестиций, необходимых для обеспечения неоправданно высокого уровня подготовки.

Таким образом, несбалансированность уровня профессиональной подготовки с интересами заинтересованных социальных групп может приводить к различным социально-экономическим последствиям. В отдельных ситуациях стратегического характера проблема несбалансированности уровня профессиональной подготовки бакалавров может решаться организационными методами при участии, либо консультациях со всеми заинтересованными сторонами. Оперативное управление профессиональной подготовкой осуществляется менеджерами основной образовательной программы (ООП) в рамках делегированных им полномочий, касающихся педагогических условий, дидактических средств и планирования образовательного процесса. Здесь менеджер ООП сталкивается с многокритериальностью

принимаемых решений и проблемами достаточного обоснования корректирующих воздействий. Эффективность управления уровнем профессиональной подготовки можно повысить посредством автоматизации наиболее трудоемких процессов в системе поддержки принятия решений. К ним относятся комплексное оценивание уровня профессиональной подготовки (агрегирование) и идентификация проблемных (узких) мест в образовательном процессе, обеспечивающих целенаправленное изменение регулируемой величины. Автоматизация указанных аспектов деятельности менеджеров ОПП нуждается в адекватном алгоритмическом обеспечении, которое строится на новых подходах и современных инструментальных средствах.

В статье обсуждается комплекс алгоритмов агрегирования оценочных данных и декомпозиции результатов комплексного оценивания для автоматизированного управления профессиональной подготовкой бакалавров с использованием компетентностного и негэнтропийного подходов, обеспечивающих квалитметрическое сопровождение процессов управления.

В последующих разделах обсуждается концептуальная модель формирования уровня профессиональной подготовки студентов, алгоритмы комплексного оценивания уровня профессиональной подготовки и поддержки процессов обоснования коррекций образовательного процесса.

## **1. Концептуальная модель управления уровнем профессиональной подготовки студентов**

В российских условиях модернизация высшего профессионального образования дополнилась переходом от знаниевой парадигмы к компетентностному подходу. Компетентностный подход можно сформулировать как приоритетную ориентацию на цели – векторы образования: обучаемость, самоопределение, самоактуализацию, социализацию и развитие индивидуальности. Целью компетентностного подхода является обеспечение качества образования, а суть образовательного процесса в условиях компетентностного подхода состоит в создании ситуации и поддержке действий, которые могут привести к формированию той или иной компетенции выпускника вуза. При реализации компетентностного подхода образовательный процесс можно считать эквивалентным процессу формирования заявленного перечня общекультурных и профессиональных компетенций [1, 2]. При этом образовательный процесс можно разбить на три процесса: формирования дисциплинарных компетенций на уровне знаний, а также процессы базовой профессиональной подготовки, ответственной за формирование умений, и профильной профессиональной подготовки на уровне формирования владений способности решения стандартных производственных задач, возникающих на объекте профессиональной деятельности.

Концептуальная модель (рис. 1), отражающая реальные процессы решения задачи управления уровнем профессиональной подготовки студентов построена для общего случая, в том числе, когда вопросы его автоматизации еще не решены, и может служить отправной точкой для разработки необходимого алгоритмического комплекса.

Трехуровневая структура концептуальной модели управления уровнем профессиональной подготовки бакалавров представлена всеми тремя составляющими компетенции: знаниями, умениями и владениями, формирование которых осуществляется различными по форме и содержанию педагогическими технологиями (лекции, практические и лабораторные занятия, самостоятельное изучение материала, курсовое проектирование, учебные и производственные практики, научно-исследовательская работа), а оценивание осуществляется различными оценочными средствами (экзамен, зачет, защита курсовых проектов, отчет о практике, итоговая государственная аттестация, выпускная квалификационная работа)[3].

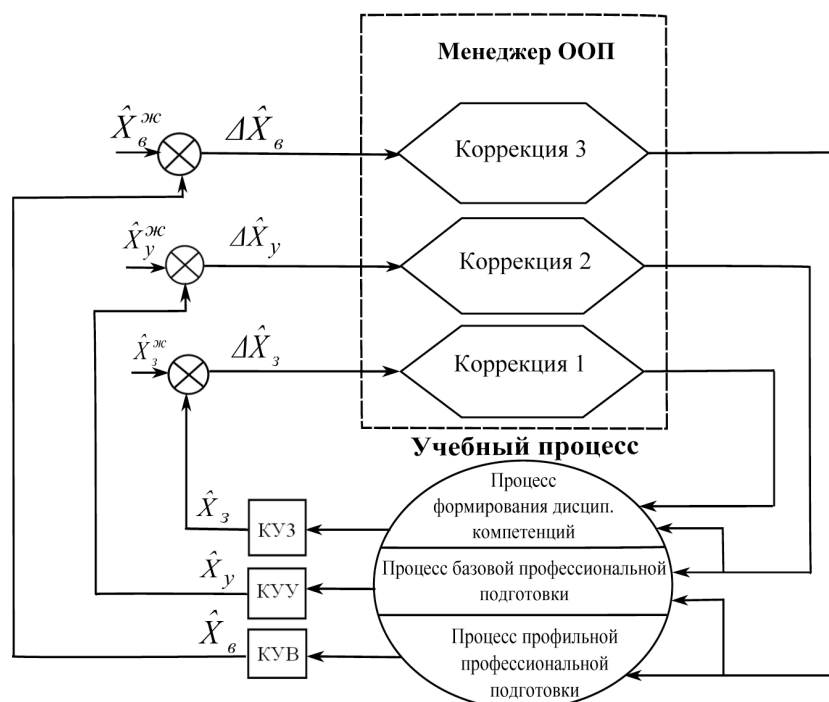


Рис. 1. Концептуальная модель управления уровнем профессиональной подготовки

Первый уровень концептуальной модели ответственен за формирование такой компоненты компетенции как знания, для которой педагогическими технологиями формирования являются лекции, практические и лабораторные занятия, семинары, самостоятельная работа по дисциплинам ООП, а оценочными средствами: экзамены и зачеты.

Второй уровень указанной выше модели соответствует процессу базовой профессиональной подготовки и ответственен за формирование умений. При этом технологиями формирования являются курсовое проектирование, ознакомительные и учебные практики, НИРС, а оценочными средствами – защита курсовых проектов, отчеты по практикам и научно-исследовательской работе.

Третий уровень модели, соответствующий профильной профессиональной подготовки, ответственен за формирования владений. Технологиями формирования владений на этом этапе образовательного процесса являются производственные и научно-исследовательские практики, а оценочными средствами – защиты отчетов по практике, защита результатов НИР, государственный экзамен, защита ВКР.

Каждый контур содержит блок измерения ИУЗ, ИУУ, ИУВ уровня сформированности соответствующей компоненты  $\hat{X}_3$ ,  $\hat{X}_y$ ,  $\hat{X}_v$  и блок обоснования коррекций 1–3, поддерживающие процесс управления профессиональной подготовкой бакалавров в соответствии с критерием оптимальности. Менеджер ООП при управлении уровнем профессиональной подготовки бакалавров решает задачу оптимизации по критерию:

$$\begin{aligned} \hat{X}_v &= \hat{X}_v^{жс}, \\ \hat{X}_y &\rightarrow \max, \hat{X}_y \geq \hat{X}_y^{\min}, \\ \hat{X}_3 &\rightarrow \max, \hat{X}_3 \geq \hat{X}_3^{\min}. \end{aligned} \quad (1)$$

Для неавтоматизированного варианта управления основным инструментом менеджера ООП при принятии решений является опыт, интуиция, эвристика, наитие как проявление человеческого фактора и связанной с ним субъективности.

Успешное управление профессиональной подготовкой бакалавров, осуществляемое выпускающей кафедрой технического университета по соответствующему профилю, предполагает реализацию основных принципов управления, справедливых для любого управления вообще: принципа измерения текущего состояния регулируемой величины (уровня подготовки студентов), принципа задания ее желаемого значения (уровень требований работодателя к качеству подготовки выпускников) и принципа отрицательной обратной связи через обоснование управляющих, корректирующих воздействий (изменений процессов обучения) с использованием результатов измерения. Ключевой проблемой данного управления следует считать квантирование частных параметров (характеристик) и комплексных критериев оценки состояния исследуемых процессов, которым уделяется недостаточно внимания в известных моделях управления профессиональной подготовкой выпускников.

В рамках компетентностного подхода предусматривается ожидание результатов обучения в виде набора компетенций, формируемого в результате освоения основной образовательной программы. Основная образовательная программа включает в себя набор учебных дисциплин и практических разделов. При этом отдельная дисциплина может участвовать в формировании нескольких компетенций, а отдельная компетенция может формироваться при участии нескольких дисциплин. С преподавателями, участвующими в формировании компетенций, могут заключаться определенные соглашения, способствующие установлению оценки результатов профессиональной подготовки. Например, оценка, выставляемая за отдельную дисциплину в целом, может соответствовать оценке уровня формирования всех частей компетенций, закрепленных за данной учебной дисциплиной (дисциплинарных компетенций).

Построим модель объекта управления для некоторого контура с позиции распределения общей его трудоемкости  $T$  (2), между группами компетенций  $T_j, j = \overline{1, J}$ , отдельными компетенциями  $T_{j_i}$  и педагогическими технологиями формирования компетенций  $T_{j_i d}, d = \overline{1, D}$

$$T = \sum_{j=1}^J T_j = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I T_{j_i} = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D T_{j_i d}, \quad (2)$$

а также имеющихся оценочных данных  $x_{j_i d}$ , характеризующих успеваемость по конкретным дисциплинам

$$\{x_{j_i d}, j = \overline{1, J}, i = \overline{1, I}, d = \overline{1, D}\}. \quad (3)$$

Управление профессиональной подготовкой может строиться на различных процедурах статистической обработки оценочных данных по каждой дисциплине в отдельности: усреднение оценочных данных всего контингента обучаемых на кафедре по соответствующему профилю подготовки, усреднение частичной выборки, связанной с конкретным диапазоном результатов. Может представлять интерес реализация индивидуальных образовательных траекторий, для которых обоснование коррекций лежит в допустимой для отдельно взятых студентов области, касающейся интенсивности и целенаправленности их обучения. В зависимости от поставленной задачи формируется конкретное наполнение объекта управления технологиями формирования и оценочными средствами.

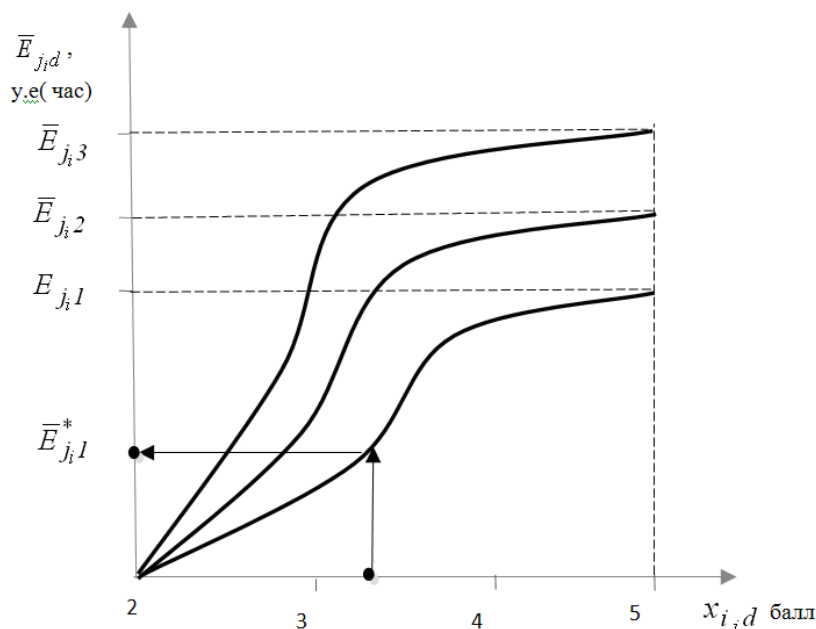
Приведенная формальная модель объекта управления может служить отправным пунктом для решения задачи измерения текущего уровня профессиональной подготовки бакалавров и обоснования коррекций, необходимых для его изменения в следующем курсе.

## 2. Алгоритмы комплексного оценивания уровня профессиональной подготовки бакалавров

Опишем востребованный механизм обеспечения квалиметрического сопровождения управления профессиональной подготовкой бакалавра.

Для измерения у обучаемого уровня сформированности части компетенции в одной из дисциплин ООП предлагается использовать негэнтропийный подход, который рассматривает приращение количества информации, поступающей в систему в результате определенного образовательного процесса. Непосредственная оценка величины негэнтропии обычно связывается со значениями вероятностей различных состояний объектов, определить которые в рамках решаемой задачи не представляется возможным. Поэтому текущий уровень сформированности компетенций предлагается сопоставлять с количеством информации  $\bar{E}_{j_i d}$ , усвоенной обучаемым в ходе негэнтропийного процесса, измеряемым в условных единицах. При этом под введенной условной единицей количества негэнтропии (у.е) понимается количество информации, усваиваемое в сложившихся педагогических условиях за один час студентом, успешно справляющемся с усвоением информации, предусмотренной дисциплиной  $d$  за  $T_{j_i d}$  часов. Из этого следует, что максимальное количество информации в установленных нами у.е, предлагаемое к усвоению при изучении каждой дисциплины, численно совпадает с ее трудоемкостью.

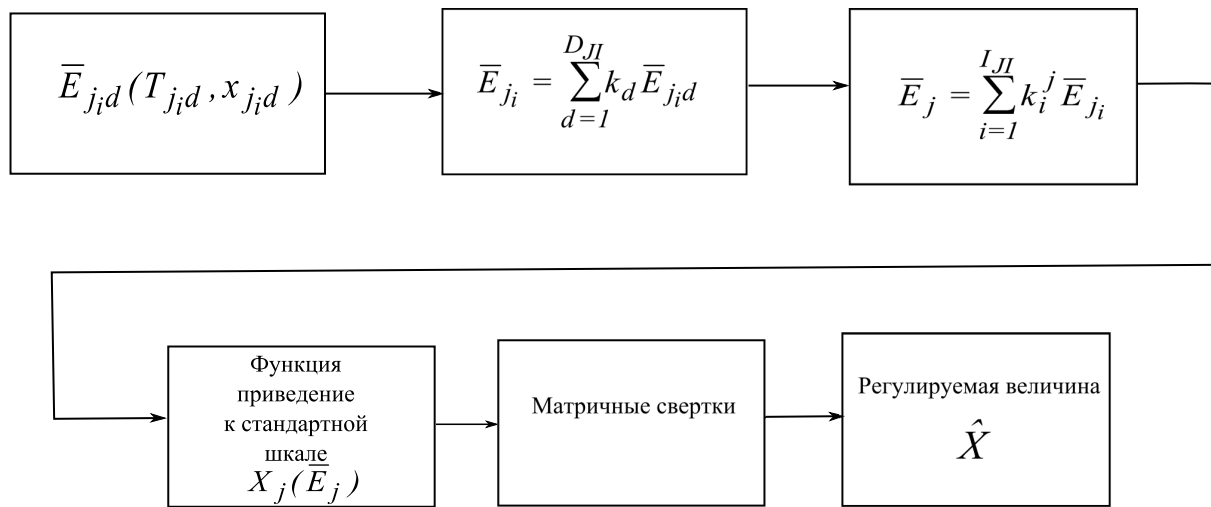
Оценочные данные  $x_{j_i d}$ , характеризующие успеваемость по конкретным дисциплинам, можно привести к негэнтропийным оценкам, опираясь на значения трудоемкости этих дисциплин  $T_{j_i d}$  с помощью экспертно устанавливаемых кривых научения [4]  $\bar{E}_{j_i d}(T_{j_i d}, x_{j_i d})$  (рис. 2). Благодаря этому априорно становится возможным изменение уровня негэнтропии  $\bar{E}_{j_i d}$  при изучении отдельной  $d$  дисциплины, варьируя как величиной трудоемкости, так и уровнем педагогических условий, что актуально при обосновании коррекций образовательного процесса менеджером ООП.



**Рис. 2.** Кривые научения – зависимость количества фактически накапливаемой негэнтропии при формировании компетенций от выставленных оценок и объема, предоставляемой для изучения информации

Измерение текущего уровня профессиональной подготовки в целом можно осуществлять путем свертки данных о фактическом приращении количества негэнтропии на этапах образовательного процесса.

Предлагается универсальная структура механизма агрегирования оценочных данных в комплексную оценку эффективности образовательного процесса (рис. 3), обеспечивающая свойство квантируемости регулируемой величины. Его содержание иллюстрируется на примере первого контура трехконтурной модели управления профессиональной подготовки (рис. 1), где данный механизм обеспечивает вычисление комплексной оценки  $\hat{X}$  уровня сформированности дисциплинарных компетенций в стандартной качественной шкале [5].



**Рис. 3.** Комплекс алгоритмов агрегирования оценочных данных с предварительным преобразованием в величину накопленной негэнтропии

### 3. Алгоритм поддержки процессов обоснования коррекций образовательного процесса

Измеренный текущий уровень регулируемой величины  $\hat{X}$ , как показано на рис. 1, поступает на сумматор для сравнения с его желаемым значением  $\hat{X}^{ЖС}$ ,  $\hat{X}^{ЖС} = \hat{X} \pm \Delta\hat{X}$ . Знак и величина отклонения  $\Delta\hat{X}$  оцениваются экспертно в соответствии с направлением и степенью востребованности изменений уровня профессиональной подготовки на рынках образовательных услуг и труда выпускников.

Эффективность этой процедуры возрастает по мере накопления опыта экспертов, в том числе в ходе проведения имитационных деловых игр. Величина рассогласования  $\Delta\hat{X}$ , возникшего в системе управления, и все обстоятельства агрегирования оценочных данных в комплексную оценку  $\hat{X}^* : X_1^* \dots X_5^*; \bar{E}_j^*, j = \overline{1, J}; \bar{E}_{j_i}^*, i = \overline{1, I_i}; \bar{E}_{j_i d}^*, d = \overline{1, D_{j_i}}; x_{j_i d}^*$  позволяют выполнить процедуру декомпозиции в обратном направлении относительно процедуры агрегирования (рис. 3), с целью получения информации о направлении и интенсивности требуемых коррекций:  $\Delta X_j; \Delta \bar{E}_j; \Delta \bar{E}_{j_i}; \Delta \bar{E}_{j_i d}$ , посредством использования дифференциалов от функций свертки, что может служить обоснованием для формирования коррекции 1 (см. рис. 1).

Алгоритмические процедуры агрегирования и декомпозиции на основе механизма комплексного оценивания могут быть использованы и в других контурах системы управления уровнем профессиональной подготовки.

## Заключение

Предложенный комплекс алгоритмов может быть положен в основу управления профессиональной подготовкой бакалавров. Он реализует компетентностный подход на уровне перечня и структуры компетенций в рамках выделенной общей трудоемкости. Негэнтропийный подход обеспечивает «квантируемость» уровня профессиональной подготовки, что соответствует принципу измерения в рассматриваемой системе управления профессиональной подготовкой бакалавров. Многоуровневое комплексное оценивание уровня профессиональной подготовки (агрегирование) построено с учетом возможности декомпозиции отклонений управления от желаемого значения с целью обоснования локализации «узких» мест, необходимых для кафедры коррекций образовательного процесса.

## Литература

1. Матушкин, Н.Н. Формирование компетенций на основе процессного подхода / Н.Н. Матушкин, С.И. Пахомов, И.Д. Столбова // Университетское управление: практика и анализ. – 2011. – № 1. – С. 58–63.
2. Пустовой, Н. Формирование компетенций современного инженера в условиях перехода на двухуровневую систему / Н. Пустовой, Е. Зима // Высшее образование в России. – 2008. – № 10. – С. 3–7.
3. Столбова, И.Д. Методические аспекты разработки структуры компетентностной модели выпускника высшей школы / И.Д. Столбова, Н.Н. Матушкин // Высшее образование сегодня. – 2009. – № 5. – С. 24–29.
4. Новиков, Д.А. Закономерности итеративного научения / Д.А. Новиков. – М: Ин-т проблем управления РАН, 1998.
5. Харитонов, В.А. Технологии современного менеджмента / В.А. Харитонов, А.А.Белых – Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 2007.

Валерий Алексеевич Харитонов, доктор технических наук, профессор, кафедра «Строительный инжиниринг и материаловедение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (г. Пермь, Российская Федерация), nedstf@pstu.ru.

Александр Николаевич Данилов, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Автоматика и телемеханика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (г. Пермь, Российская Федерация), dan@pstu.ru.

Алина Юрьевна Букалова, аспирант, старший преподаватель, кафедра «Строительный инжиниринг и материаловедение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (г. Пермь, Российская Федерация), nedstf@pstu.ru.

MSC 93B52

## Algorithmic Bases of Automated Management by the Professional Standard of the Bachelor

*A. V. Kharitonov*, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation, nedstf@pstu.ru,

*A. N. Danilov*, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation, dan@pstu.ru,

*A. Y. Bukalova*, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation, nedstf@pstu.ru

This paper discusses a set of aggregate algorithms for estimates and decomposition of complex evaluation of the results for the automated management of bachelors training with competence and no entropy approaches. While implementing the competence approach the training process is divided into three stages: the formation of disciplinary competencies at the level of knowledge in basic training, which is responsible for the formation of skills, training and profile at forming possessions capabilities to standard production tasks. To measure students level of formation of competencies no entropy approach that considers the increase of information as a result of the educational process is to be used.

*Keywords:* bachelor's degree; the level of training; management; automation, competence approach; no entropy approach; aggregation; decomposition.

## References

1. Matushkin N.N., Pahomov S.I., Stolbova I.D. Formation of Competences on the Basis of the Process Approach [Formirovanie Kompetencij na Osnove Processnogo Podhoda]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz*. [University Management: Practice and Analysis], 2011, no. 1, pp. 58-63.
2. Pustovoy N., Zima E. Formation of Modern Engineering Skills in the Transition to a Two-Tier System [Formirovanie kompetencij sovremennogo inzhenera v uslovijah perehoda na dvuhurovnevujy sistem]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia], 2008, no. 10, pp. 3–7.
3. Stolbova I.D., Matushkin N.N. Methodological Aspects of the Design Structure of Competence Model of High School Graduates [Metodicheskie aspekty razrabotki struktury kompetentnostnoj modeli vypusknika vysshej shkoly]. *Vysshee obrazovanie segodnja*. [Higher education today], 2009, no. 5, pp. 24–29.
4. Novikov D.A. *Zakonomernosti iterativnogo nauchenija* [Patterns of Iterative Learning]. Moscow, Institut problem upravlenija RAN, 1998.
5. Kharitonov V.A., Belyh A.A. *Tehnologii sovremennogo menedzhmenta* [Modern Management Technology]. Perm, Permskij Gos. Teh. Univ, 2007.

*Поступила в редакцию 16 мая 2013 г.*